Universitat Rovira i Virgili

Investidura com a doctor honoris causa de l'Excm. Sr. Vinton Gray Cerf

Sessió acadèmica extraordinària

22 de maig de 2000

Investidura com a doctor honoris causa
de l'Excm. Sr. Vinton Gray Cerf



Investidura com a doctor honoris causa de l'Excm. Sr. Vinton Gray Cerf

Sessió acadèmica extraordinària
22 de maig de 2000

Universitat Rovira i Virgili
Tarragona

Edició de la Secretaria General de la Universitat
Producció del Servei de Publicacions

Fotografies: José Luis Sellart

Imprès per Indústries Gràfiques Gabriel Gibert, SA

Dipòsit legal: T. 68/2001

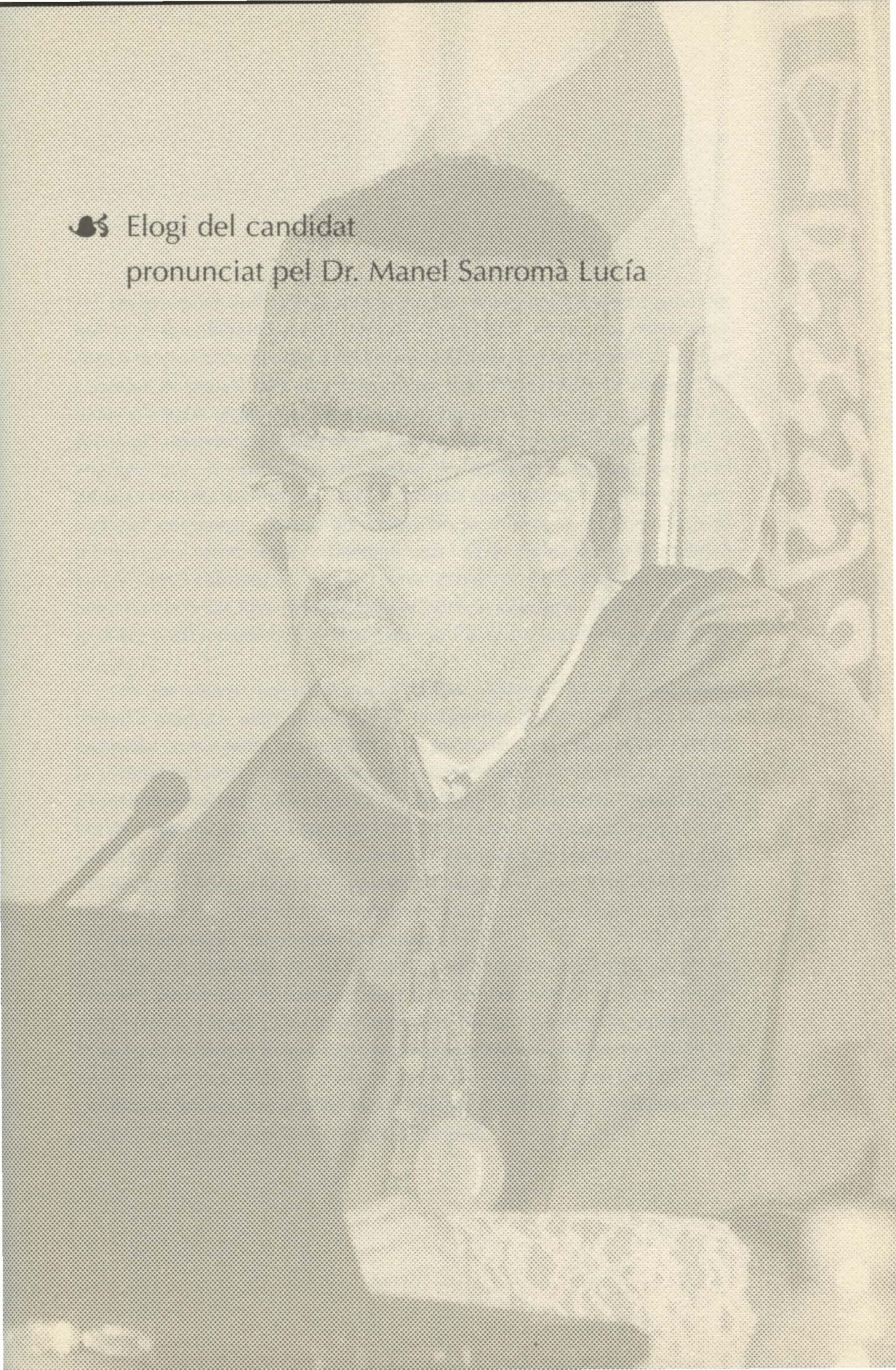
Índex

Elogi del candidat 7
pronunciat pel Dr. MANEL SANROMÀ LUCÍA

Discurs d'investidura 29
pronunciat pel Dr. VINTON GRAY CERF

Paraules de benvinguda 53
pronunciades pel Dr. LLUÍS AROLA FERRER
Rector de la Universitat

Elogi del candidat
pronunciat pel Dr. Manel Sanromà Lucía



No per obvi vull deixar de començar remarcant l'immens privilegi que se'm fa concedint-me l'honor de ser el padrí, en la seva investidura com a doctor honoris causa de la nostra Universitat, d'un dels científics i tècnics el treball dels quals ha tingut més impacte en la societat de finals d'aquest segle. Mai en la meva vida acadèmica he tingut tant alt privilegi, immerescut totalment, d'actuar com a padrí d'un científic i enginyer que, si existís el premi Nobel de Tecnologia, és segur que ja el tindria entre els nombrosos premis i honors que ha rebut. Les meves gràcies per començar, doncs, als autors de la iniciativa, el Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques i el de Pedagogia, a la mateixa Universitat i sobretot al mestre i amic professor Cerf, que tan amablement ha acceptat ésser investit doctor honoris causa per la nostra (a partir d'ara d'ell també) Universitat i que jo fos el seu padrí en aquest acte acadèmic.

I és que aquesta revolució que el professor Vinton Cerf ha ajudat a desfermar i propagar amb el seu treball té aquestes coses: dóna a un humil professor, a una petita universitat i a un petit país unes possibilitats que en la societat industrial es repartien més aviat en funció de la mida, i per tant estaven reservades a col·lectius i a llocs en què la concentració tecnològica era molt significativa. La societat de la informació, aquest nou paradigma cultural que Internet ha ajudat a construir, planteja grans reptes, però també ofereix grans oportunitats i en aquests moments de canvi de mil·lenni sembla que això ja és percebut per amplis sectors socials que veuen en Internet un factor estratègic de primera magnitud.

Avui la Universitat Rovira i Virgili honora un dels científics que ha fet possible aquest procés revolucionari, tant des del punt de vista tecnològic com cultural i social. I és que Vinton Cerf és història viva: la rapidesa en l'expansió d'Internet fa que avui puguem tenir entre nosaltres els científics i tècnics que van establir les bases d'aquesta revolució. Vinton Cerf n'és un i certament, encara que la paternitat d'Internet és variada, es consideraria ell el nom més consensuat com *el* pare d'Internet.

Vinton Cerf va néixer a Newhaven el 23 de juny de 1943 i ja a l'escola se li va despertar l'interès per les matemàtiques, de les quals apreciava sobretot els reptes intel·lectuals que plantejaven. Aquesta afició, es va ajuntar amb la influència de l'entorn de seu pare, que treballava en la indústria de defensa amb sistemes de radar que captaven senyals al Canadà i les processaven a Califòrnia. Amb aquest bagatge el jove Cerf es va enrolar a Stanford, on es va llicenciar en Matemàtiques l'any 1965 havent-se matriculat com diu ell, tots els cursos sobre ordinadors que s'hi podien fer. No sobra recordar aquí que a començament dels anys seixanta els ordinadors no s'assemblaven ni en aspectes ni en prestacions als PC que avui en dia tenim a casa nostra i als despatxos. La formació adquirida a Stanford el va portar a treballar a IBM durant dos anys com a enginyer de sistemes. Aquesta feina amb els primers ordinadors que podien compartir el temps de càlcul entre múltiples usuaris va revifar el seu interès per aprendre més sobre ordinadors i la seva optimització, i va començar els estudis de doctorat a l'UCLA (Universitat de Califòrnia a Los Angeles). Allí es va graduar i doctorar en Ciències de la Computació els anys 1970 i 1972 respectivament.

L'UCLA als anys seixanta bullia d'activitat en la investigació tant teòrica com aplicada sobre xarxes d'ordinadors. Allí Cerf va conèixer alguns dels pioners amb qui treballaria, que poden compartir amb ell, per a la història, la paternitat d'Internet: Leonard Kleinrock, que va introduir la idea de la commutació de paquets per comunicar ordinadors; Steve Crocker, que dissenyaria el primer protocol de comunicació, l'NCP (Network Control Protocol), precursor del protocol introduït anys més tard pel mateix Vinton Cerf i per Robert Kahn; i també el recentment desaparegut Jonathan Postel, que durant molts anys va actuar com a màxima autoritat mundial en matèria de noms de domini i adreces Internet dels ordinadors d'arreu. Certament l'UCLA era «el lloc» si hom volia fer una contribució decisiva en el desenvolupament de les xarxes d'ordinadors, procés que s'estava gestant i que té una data clau: el 2 de setembre de 1969, el dia que dos ordinadors d'UCLA es connectaven remotament per posar en marxa l'anomenada ARPANET, la Xarxa de l'Agència de Recerca de Defensa, precursora de la Internet que coneixem avui en dia. Al cap d'un mes l'experiment es repetiria amb un ordinador a l'UCLA i un altre a Stanford, separats per centenars de quilòmetres de distància.

Precisament a Stanford, el segon node de la primitiva Xarxa, és on es va traslladar l'any 1972 Vinton Cerf, com a professor d'Enginyeria Elèctrica i

Ciències de la Computació. Hi va treballar fins a l'any 1976 i allí és on produiria la seva gran contribució al desenvolupament de la Xarxa: el protocol TCP (Transfer Control Protocol), més endavant desglossat per ell mateix en dos, amb les ja populars sigles TCP/IP (aquest darrer, Internet Protocol).

Arribats a aquest punt, moment culminant de l'aportació tecnològica de Vinton Cerf al desenvolupament de la futura Internet, és necessari explicar amb detall en què va consistir aquesta gran contribució de Cerf i Kahn, per la qual han arribat a ser coneguts com a «pares de Internet» i per la qual van rebre anys després, de mans del president Clinton, la Medalla Nacional de Tecnologia i el reconeixement mundial.

Des de l'inici dels anys seixanta tal com hem apuntat, eren molts els investigadors que consideraven la idea de comunicar els ordinadors amb un sistema diferent del tradicional utilitzat per a les línies telefòniques i conegut com a «commutació de circuits», mitjançant el qual s'estableix una connexió permanent entre emissor i receptor. La nova idea, anomenada «commutació de paquets», fou desenvolupada simultàniament, i sense coneixement mutu entre ells, per tres investigadors: Leonard Kleinrock (al MIT, Institut Tecnològic de Massachusetts), Paul Baran (a la RAND Corporation a Califòrnia) i Donald Davies (al National Physical Laboratory de Londres). El treball de Kleinrock, que va constituir la seva tesi, era un desenvolupament teòric que pretenia demostrar que en una xarxa d'ordinadors la informació es podia trametre en paquets, sense necessitat d'establir una connexió permanent. Aquesta mateixa idea intentava aplicar Paul Baran a la comunicació per veu amb l'objectiu de construir un sistema que permetés sobreviure a un atac nuclear que destruís la infraestructura terrestre de cablejat telefònic (i aquí trobem l'origen de la llegenda que Internet va néixer en investigacions militars d'aquest estil; això, com veurem, només és cert en part i en realitat foren interessos més aviat d'optimització de recursos acadèmics els veritables motors). El cas és que fou Kleinrock, teòric que una vegada acabada la seva tesi al MIT es va traslladar a l'UCLA, qui va convèncer un enginyer del MIT, Lawrence Roberts, per aplicar les seves idees i d'aquesta forma, a l'octubre de 1965 es va realitzar la primera connexió remota entre dos ordinadors mitjançant la commutació de paquets: la idea funcionava!

L'any següent el mateix Roberts es va traslladar a treballar a l'ARPA (Advanced Research Projects Agency) i, amb el bagatge de l'èxit obtingut en els seus experiments de connexió remota, va elaborar un pla per crear el

que després esdevindria ARPANET, la Xarxa d'ARPA i precursora d'Internet. Com hem vist, ARPANET va inaugurar-se a finals de 1969, i als dos primers nodes d'UCLA i Stanford se n'hi van afegir ràpidament dos mes a la Universitat de Califòrnia a Santa Barbara i a la Universitat de Utah. Val a dir que des d'aleshores el creixement ha estat exponencial i dels quatre ordinadors inicials d'ARPANET hem passat als gairebé cent milions que es calcula que formen la actual Internet.

Una Xarxa com ARPANET necessitava un protocol de comunicacions, basat en la commutació de paquets, que permetés als ordinadors connectar-se de manera contínua i fiable. El seu desenvolupament va recaure en un grup d'estudiants graduats de Kleinrock, encapçalats per Steve Crocker i entre els quals hi havia Jonathan Postel i Vinton Cerf; l'any 1970 tenien acabat aquest protocol, que es va anomenar NCP i que seria el «llenguatge» que parlaria ARPANET fins que el 1983 es va adoptar el TCP/IP, que, com veurem, inventarien uns anys més tard Cerf i Kahn. A l'octubre de 1972, ARPANET era presentada en públic en un congrés a Washington i fou també aleshores quan es va començar a popularitzar l'ús del correu electrònic en els ambients acadèmics nord-americans.

Per aquella època, com hem dit abans, Vinton Cerf es va traslladar a la seva nova plaça a Stanford. Mentrestant un altre enginyer, Robert Kahn, que fins aleshores treballava a l'empresa que havia construït els primers ordinadors de xarxa per ARPANET, fou fitxat per treballar a ARPA per Larry Roberts. Poc temps després, Kahn li plantejava a Cerf treballar en el que aleshores es coneixia com l'Inter-Networking problem (nom del qual derivaria l'actual i popular nom d'Internet). En aquells moments ja eren diverses les Xarxes que funcionaven sota la commutació de paquets: la mateixa ARPANET i també una xarxa per ràdio i una altra per satèl·lit. Calia trobar la manera d'interconnectar-les de forma que qualsevol ordinador pogués parlar amb qualsevol ordinador d'una altra xarxa, assegurant a la vegada uns principis que serien claus per al futur desenvolupament d'Internet: independència de les xarxes connectades, no necessitat d'un control central del procés i utilització d'ordinadors específics (anomenats *routers* i *gateways*) per assegurar i garantir el tràfic entre xarxes. La base de la idea que solucionava el problema la va esquematitzar Cerf en un sobre al hall d'un hotel de San Francisco al març de 1973; al setembre la van presentar en un congrés a Anglaterra i el 1974 Cerf i Kahn publicaven el ja clàssic article «A Protocol for Packet Network Interconnection»

La idea és ben senzilla: imaginem que cada ordinador connectat a una xarxa té una adreça ben definida (un número que avui coneixem com a adreça IP). Si volem trametre una informació des d'un ordinador d'una xarxa a un ordinador d'una altra xarxa, només cal dividir la informació en paquets. A cada paquet se li posa l'adreça del receptor i del remitent, se li dóna un número de paquet i s'entrega al sistema per tal que el faci arribar. És exactament com un sistema postal, amb l'única diferència que en lloc de persones tant els clients com els carters són ordinadors i, per tant, poden realitzar el procés milers de milions de vegades més de pressa. Aquesta és la senzilla idea que hi ha darrere el TCP de Vinton Cerf i Robert Kahn. Posteriorment els inventors van dividir el protocol en dos: l'IP s'encarregaria de tot el procés d'encaminament dels paquets a través de la Xarxa i el TCP vetllaria per tal que els paquets arribessin al destinatari de manera segura i sense errors. Havia nascut el TCP/IP, la llengua que «parlen» avui en dia tots els ordinadors connectats a Internet, la veritable *lingua franca* tècnica que ha permès que milions d'ordinadors puguin compartir informació i que permetrà en el futur que, literalment, qualsevol estri inventat per l'home pugui estar interconnectat.

En un món tan canviant com el dels ordinadors, en què sistemes operatius, models, microprocessadors i altres estris de maquinari i progamari evolucionen de manera desaforada, la pervivència del protocol TCP/IP, 27 anys després de la seva creació, havent resistit l'explosió d'Internet en els darrers anys (de fet ha estat el TCP/IP qui l'ha fet possible) és un monument a la intel·ligència i al sentit pràctic dels seus creadors. Com diu Vinton Cerf de vegades quan l'entrevisten, mig en broma mig de debò, ell no havia pensat mai que la Internet passés de 128 ordinadors. Avui el protocol IP és utilitzat per ordinadors, telèfons, satèl·lits i televisors; en el futur, si creiem Cerf (i les seves prediccions sempre són més aviat moderades), els cotxes, els microones, els bolígrafs i fins i tot les bombetes elèctriques utilitzaran el protocol IP I quan estigui a punt la nova versió 6, en la qual està treballant un ampli equip de tècnics liderats entre altres per Cerf, com diu ell, «cada electró podrà tenir la seva pàgina web»

Després de treballar en la posada en pràctica del seu protocol, Vinton Cerf l'any 1976 va passar a treballar directament a la DARPA (nom que havia pres la inicial ARPA) i allí va seguir directament vinculat al creixement d'ARPANET com a investigador principal: fou mentre hi era, l'any 1977, quan es va realitzar la primera experiència exitosa de connexió de tres xar-

xes mitjançant el protocol TCP/IP L'any 1982 es va incorporar per primera vegada, com a director d'enginyeria, a l'empresa MCI, on es va encarregar d'implementar el primer sistema de correu electrònic d'una operadora telefònica. Més tard va tornar al món de la recerca pública com a vicepresident de la Corporation for National Research Initiatives, des d'on, amb Robert Kahn, Jon Postel i altres va crear la Internet Society, aspecte al qual tornarem més endavant. Finalment va tornar a MCIWorldCom, on actualment ocupa el càrrec de vicepresident de tecnologia i arquitectura Internet. També, des de 1998, treballa al Jet Propulsion Laboratory en el desenvolupament de l'arquitectura per a una Internet d'abast interplanetari.

Els premis rebuts pel Dr. Cerf son innombrables i, entre molts altres, inclouen els premis Marconi i Allexander Graham Bell, la Medalla de Plata de la Unió Internacional de Telecomunicacions, la Medalla Alexander Graham Bell del Institut d'Enginyers Elèctrics i Electrònics, el Premi de l'Associació d'Indústries de la Informàtica i Comunicacions i, sobretot, la Medalla Nacional de Tecnologia dels Estats Units, atorgada a ell i a Robert Kahn l'any 1997 pel president Clinton. És membre de multitud d'associacions científiques i professionals, les més prestigioses de les quals se'l disputen per tenir-lo en els seus consells directius. És membre del Comitè d'Assessors Presidencials dels Estats Units en Tecnologies de la Informació i també del Comitè Assessor en Telecomunicacions a Irlanda.

Però més enllà de la personalitat científica i tecnològica de Vinton Cerf, destaca el seu caràcter humanista, gairebé renaixentista. En moltes ocasions se l'ha comparat a Benjamin Franklin, un altre geni que van donar els Estats Units d'Amèrica, home enciclopèdic, preocupat per la ciència, la tecnologia, la cultura i tot allò que pogués ajudar a millorar la vida dels seus congèneres. És aquesta vessant la que, en realitat, eleva Vinton Cerf a pare indiscutible d'Internet. Perquè si és cert que Kleinrock, Roberts, Crocker, Postel, Kahn i alguns altres poden compartir amb Cerf la paternitat científica i intel·lectual d'aquesta criatura que anomenem Internet, ningú com ell ha seguit la trajectòria del seu fill, preocupat pels mil i un aspectes del desenvolupament de la gran Xarxa de Xarxes.

I és que, diguem-ho clarament: avui sentim parlar de noves tecnologies de la informació i les comunicacions, d'autopistes de la informació, de societat de la informació, de nova economia, de ciberespai i altres termes que s'apliquen per designar procés revolucionari que Internet ha originat. Sense Internet no seria comprensible cap dels anteriors termes. I Vinton

Cerf fa molt de temps que és plenament conscient de la importància social, econòmica i cultural de la Xarxa.

Aquest fou el motiu pel qual ell, juntament amb uns altres pioners, fundà l'any 1992 la Internet Society (ISOC), una associació de caràcter internacional oberta a totes aquelles persones interessades en el desenvolupament global i harmònic d'Internet. El lema de la ISOC és prou definitori: «The Internet is for everyone» (Internet és de tots). Molt abans que es produís l'explosió que hem viscut en els darrers anys (pensem que en el moment de constituir-se la ISOC eren poc més d'un milió els usuaris d'Internet, circumscrits fonamentalment a l'àmbit acadèmic, contra els 300 milions actuals), Cerf, Postel i altres es van adonar que Internet era massa important per limitar-la a l'àmbit acadèmic, perquè caigués en mans d'interessos privats, o perquè quedés condicionada per l'estructura burocràtica d'estats i administracions. Des de la ISOC, que Cerf ha presidi fins fa poc, i que té més de deu mil membres arreu del món, es vetlla per aquesta Internet oberta i de tots, font d'oportunitats i de creixement per als individus, les organitzacions, les empreses i els països.

La ISOC dóna suport a una de les organitzacions més desconegudes i més importants per assegurar que Internet continuï creixent amb les característiques que l'han fet possible: ens referim a la IETF (Internet Engineering Task Force), organització en la qual Vinton Cerf ha participat activament i de la qual també ha estat peça clau. La IETF és «el» fòrum obert (hi pot participar qualsevol tècnic) format per milers d'enginyers, representants d'empreses, organismes i centres de recerca que es reuneixen periòdicament al llarg de l'any i de manera continuada a la Xarxa per consensuar literalment els estàndards tècnics emprats en ordinadors, xarxes i programes de totes les empreses i organitzacions per tal d'assegurar que Internet segueixi funcionant. Aquest consens s'expressa en una mena de «papers blancs», anomenats Requests for Coments (RFC) acceptats per tothom i lliurement accessibles a través de la Xarxa: els RFC van néixer de l'equip de Crocker, Postel i Cerf l'any 1969 i des d'aleshores s'han convertit en la veritable biblioteca tècnica amb les especificacions que fan possible el funcionament de la Xarxa. Un grup dins de la IETF, liderat per Cerf, és el que està treballant en la versió 6 del protocol IP, que, com dèiem més amunt, assegurarà la possibilitat d'interconnectar literalment tot i a tothom.

Fruit d'aquesta cultura de consens que ha fet possible la mateixa existència de la Xarxa, l'any passat Vinton Cerf va impulsar la creació d'un altre

organització que actuarà sota el paraigua organitzatiu de la ISOC: l'anomenada ISTF (Internet Societal Task Force). La idea és senzilla i ambiciosa: no podríem aplicar aquesta cultura del consens per fer funcionar la xarxa a altres àmbits, aquesta vegada socials, en què la Xarxa tindrà impacte? Fàcil de dir però difícil de dur a terme. Però això no sembla un greu obstacle per a un home com Vinton Cerf, que s'ha passat la vida resolent complicats problemes tecnològics amb idees senzilles i brillants. Valguin dues frases seves per resumir amb el seu habitual bon humor el passat, el present i el futur de la Internet que ell va contribuir tan decisivament a crear·

«Envejo els nois de 8 anys que dominen la Xarxa. Ells ho han pogut fer 20 anys abans que jo. Jo vaig haver d'inventar-ho per poder fer el que ells fan.»

I també

«No és que cregui en els miracles: és que en visc!»

Dear Vinton, our University and our two Departments are most honored to have you with us here today to accept this honorary degree that you richly deserve. Those of us in the Internet Society are extremely proud to share with you the tremendous excitement of building this Internet that must be «for everyone». Let me borrow your own words to stress the importance of the Internet for the future of our children:

»Truth is a powerful solvent. Stone walls melt before its relentless might. The Internet is one of the most powerful agents of freedom. It exposes truth to those who wish to see it. It is no wonder that some governments and organizations fear the Internet and its ability to make the truth known.

»But the power of the Internet is a two-edged sword. It can deliver both misinformation and uncorroborated opinion with equal ease. The thoughtful and the thoughtless coexist side by side in the Internet's electronic universe. What's to be done?

»There are no electronic filters that separate truth from fiction. No cognitive "V-chip" to sort the gold from the lead. We have but one tool to apply: critical thinking. This truth applies as well to all other communication media, not only the Internet. Perhaps the World Wide Web merely forces us to see this more clearly than other media. The stark juxtaposition of valuable and valueless content sets one to thinking. Here is an opportunity to educate us all. We truly must think about what we see and hear. We must evaluate and select. We must choose our guides. What better lesson than this to teach our young children to prepare themselves for a new century of social, economic, and technological change?

»Let us make a new-century resolution to teach our children to think more deepley about what they see and hear. That, more than any electronic filter, will build a foundation upon which truth can stand.»

Avui, el Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques i el Departament de Pedagogia tenen l'honor d'encapçalar tota la comunitat universitària i els ciutadans de Tarragona, homenatjant aquest gran científic, tecnòleg i humanista.

Rector Magnífic, en la mesura que m'ha estat possible, he exposat la vida i l'obra del Dr. Vinton Gray Cerf. Crec, doncs, haver dit prou perquè, amb la vostra autoritat, li sigui atorgat el reconeixement dels seus mèrits. Per tant, Rector Magnífic, us demano que us digneu nomenar doctor honoris causa el Dr. Vinton Gray Cerf i incorporar-lo a la nostra Universitat.

Traducció de l'elogi del candidat pronunciat pel Dr. Manel Sanromà Lucía

I would like to begin my address by saying that it is a great honor for me to be the sponsor at the investiture as honorary doctor of our University of one of the scientists and technicians whose work has had the greatest impact on society in the latter part of the century. Never before during my academic career have I held such a great but totally undeserved privilege as to be the sponsor of a scientist and engineer who, if such a recognition existed, would surely have won the Nobel Prize for Technology to add to the many awards and honors he already holds. I would like to express my gratitude, therefore, to everyone responsible for this initiative: the Department of Computer Engineering and Mathematics and the Department of Pedagogy, the University itself and, especially, to my teacher and friend Dr Cerf who has kindly agreed to become an honorary doctor of our (and now his) University. I am very grateful for being invited to act as his sponsor at this academic ceremony.

This is in fact just another example of the revolution that Dr Vinton Cerf, through his work, has helped to start up and spread. A humble teacher from a small university in a small country has the kind of opportunity that in the Industrial Society was awarded on the basis of size and that was therefore reserved for those groups and places that had the greatest concentration of technology. The Information Society, that new cultural paradigm that Internet has helped to construct, presents some enormous challenges and some wonderful opportunities. At the turn of the millennium many sectors of society now seem to regard the Internet as a factor of huge strategical importance.

The Rovira i Virgili University is today honoring one of the scientists who has made this revolution possible technologically, culturally and socially. Vinton Cerf is living history; the speed at which the expansion of the Internet has taken place means that we can have with us today one of the scientists

and technicians who has laid the foundations of the revolution. Vinton Cerf is one of these and, although the Internet's paternity is varied, the consensus of opinion would regard him as «the» father of the Internet.

Vinton Cerf was born in Newhaven on 23rd June 1943. At school he became interested in Mathematics because of the intellectual challenges it offered. This fondness for the subject was reinforced by the influence of his father, who worked for the defense industry on radar systems that collected signals in Canada and processed them in California. With this background young Cerf enrolled at Stanford, where in 1965 he graduated in Mathematics, having taken, as he says, all the courses on computing that Stanford had to offer. It is worth remembering here that at the beginning of the 1960s neither the size nor performance of the computers that existed at the time remotely resembled the PCs we all have today at home or in the office. His training at Stanford earned him a job with IBM, where he worked for two years as a systems engineer. Working at this company, with the first computers that could share calculation time with several operators, revived his interest in computers: he was keen to learn more about them and how they could be optimized, so he enrolled on the doctorate programme of the UCLA (University of California, Los Angeles), from where he graduated in 1970 and obtained his doctorate in 1972.

In the 1960s UCLA was a hive of activity in research into the theory and applications of computer networks. There Cerf met and worked with some of the pioneers who can historically share paternity of the Internet with him. These were: Leonard Kleinrock, who introduced the idea of packet switching for communication between computers, Steve Crocker, who designed the NCP (Network Control Protocol), which was the first communications protocol and the precursor of the one introduced some years later by Vinton Cerf and Robert Kahn, and Jonathan Postel, who until his recent death was for many years the world's authority on domain names and Internet addresses for the world's computers. UCLA was definitely the place to be if you wanted to make a decisive contribution to the development of the soon-to-arrive computer networks. The important date in their history is 2nd September 1969. On this day two UCLA computers were connected remotely. This set in motion the so-called ARPANET, the Network of the Defense Research Agency and precursor of the Internet that we know today. One month later the experiment was repeated using a computer from UCLA and another from Stanford that were separated by hundreds of kilometres.

In 1972 Vinton Cerf moved to Stanford, the second node of the primitive Network to become a lecturer in Electrical Engineering and Computational Sciences. He remained there until 1976. It was there that he produced the TCP (Transfer Control Protocol), his major contribution to the development of the Network and which he later split into two parts. These are known by the famous initials TCP and IP (Internet Protocol).

This was a defining moment in Vinton Cerf's technological contribution to the development of the future Internet: it is also a good point at which to take a closer look at why Cerf and Kahn have come to be known as the «fathers» of the Internet and why some years later they have received worldwide recognition and the National Medal for Technology from president Clinton.

As you know, at the beginning of the 1960s many researchers were investigating how to link computers by a different system from the traditional one via telephone lines (known as circuit switching), which established a permanent connection between transmitter and receiver. The new idea, named «packet switching», was developed simultaneously –and without mutual knowledge of the others' involvement– by three researchers: Leonard Kleinrock of the Massachusetts Institute of Technology (MIT), Paul Baran of the RAND corporation in California and Donald Davies of the National Physical Laboratory of London. Kleinrock's work was his doctoral thesis: a theoretical development that aimed to demonstrate how in a network of computers the information could be transmitted in packets, without the need for a permanent connection. The same idea was followed by Paul Baran who applied it to voice communication in order to construct a system that would allow one to survive a nuclear attack that destroyed the terrestrial infrastructure of telephone cables. This, by the way, is behind the legend that the Internet has its origins in military research of this kind. As we shall see, this is only partly true, for the desire to optimize academic resources was the real driving force. What happened was that Kleinrock, the theorist who moved to UCLA after finishing his thesis at the MIT, convinced an MIT engineer called Lawrence Roberts to put his ideas into practice. So, on 1st October 1965 the first remote connection between two computers via packet switching was made. The idea worked!

The following year Roberts moved to ARPA (Advanced Research Projects Agency) and with the success of his remote connection experiments behind him, outlined a plan to create what would later become

ARPANET - the ARPA Network and the precursor of the Internet. As we know, ARPANET began at the end of 1969. Two more nodes at the University of California at Santa Barbara and the University of Utah were quickly added to the first two nodes at UCLA and Stanford. Growth since then has, of course, been exponential: from the first four ARPANET computers there are now roughly 100 million computers making up the Internet today.

A Network like ARPANET needed a packet-switching-based communications protocol that would allow computers to connect continuously and reliably. It was left to a group of Kleinrock's graduate students to develop this protocol. Led by Steve Crocker, they included Jonathan Postel and Vinton Cerf. By 1970 they had completed the so-called NCP This was the «language» that ARPANET spoke until 1983, when the TCP/IP, invented later by Cerf and Kahn, was adopted. In October 1972 ARPANET was presented in public at a congress in Washington. It was in this year too that North American academic circles began to popularize the use of electronic mail.

As we explained earlier, it was at this time that Vinton Cerf moved to his new home at Stanford. Meanwhile, Robert Khan, another engineer who until then had been working at a company that constructed the first network computers for ARPANET, was headhunted by Larry Roberts to work for ARPA. A short time later Khan suggested to Cerf that he work on what was then known as the Inter-Networking problem (the name from which today's popular name of Internet is derived). By that time several Networks were operating via packet switching: ARPANET itself, one network by radio and another by satellite. A means had to be found by which they could be connected so that any computer from one could speak to any computer from another, and at the same time some key principles for the future development of the Internet could be established. These principles were as follows: there should be independence from the connected networks, there should be no centralized control of the process and specific computers should be used (called routers and gateways) in order to ensure and guarantee the traffic between networks. Cerf drew a sketch of the idea that solved the problem in the hall of a San Francisco hotel in March 1973. In September it was presented at a congress in England and in 1974 Cerf and Khan published the now classic article, «A Protocol for Packet Network Interconnection».

The idea is quite simple. Let us imagine that each computer connected to a network has a well-defined address (a number that we know today as the IP address). If we want to transmit information from a computer of one

network to a computer of another, all we have to do is divide it into packets. The addresses of the receiver and sender are put onto each packet, the packet is given a packet number and is delivered to the system so that it can be sent. It is a simple postal system. The only difference is that both clients and postal workers are computers rather than people and can therefore carry out the process thousands of millions of times more quickly. This is the simple idea behind Vinton Cerf and Robert Khan's TCP The same inventors later split the protocol into two: the IP takes care of the whole process of routing the packets via the network and the TCP makes sure that the packets arrive at their destination safe and sound. So TCP/IP was born. This is the language that all the computers connected to the Internet «speak» today: it is the true technological «lingua franca» that has permitted millions of computers to share information and that in the future will allow literally any tool invented by man to be interconnected.

In such a changing world as the world of computers, in which operating systems, models, microprocessors and other hardware and software tools evolve at such breakneck speed, the fact that TCP/IP is still in operation 27 years after it was created and has survived the Internet explosion of the last few years (it was TCP/IP that actually made this possible) is a monument to the intelligence and practical sense of its creators. As Vinton Cerf himself says in interviews, half jokingly and half seriously, he never imagined that the Internet would exceed 128 computers. Today the IP protocol is used by computers, telephones, satellites and televisions. If we believe Cerf (and his predictions are always on the safe side) in the future cars, microwaves, pens and even electric light bulbs will use the IP A large team of technicians, led among others by Cerf himself, is currently working on the new version 6. When it is ready, in his own words, «each electron will be able to have its own web page».

After working on the application of his own protocol, Vinton Cerf went to work directly at the DARPA (by which name ARPA had become known) in 1976. There, as the leading researcher, he was directly linked to the growth of ARPANET. In 1977 the first successful experiment to connect three networks via TCP/IP was made. In 1982 he joined the MCI company for the first time as Director of Engineering, where he was responsible for implementing the first electronic mail system for a telephone company. He later returned to public sector research as vice-president of the Corporation for National Research Initiatives from where, with Robert Khan, Jon Postel

and others, he created the Internet Society, which we will discuss in greater detail later. Finally, he returned to MCIWorldCom, where he is currently vice-president of Internet technology and architecture. Moreover, since 1998 he has been working with the Jet Propulsion Laboratory on developing architecture for an Internet on an interplanetary scale.

Dr Cerf has received innumerable awards. They include the Marconi and Alexander Graham Bell Prizes, the Silver medal of the International Union of Telecommunications, the Alexander Graham Bell medal of the Institute of Electrical and Electronic Engineers, an award from the Association of the Computing and Communications Industries and the National Medal of Technology of the United States awarded to him and Robert Khan in 1997 by president Clinton. He is a member of many professional scientific associations, the most prestigious of which compete with one other to include him on their committees. Thus, he is a member of both the United States Committee of Presidential Advisors for Information Technology and the Advisory Committee for Telecommunications in Ireland.

If we look beyond the scientific and technological sides of Vinton Cerf's character we find his humanistic, almost Renaissance, side. He has frequently been compared to Benjamin Franklin, another of America's luminaries. He is an encyclopedic man who is concerned about science, technology, culture and everything else that may help the lives of his congeners, and it is this that has really made Vinton Cerf the undisputable father of the Internet. While it is true that Kleinrock, Roberts, Crocker, Postel, Khan and a few others may share with Cerf the scientific and intellectual paternity of the creature we call Internet, nobody has followed the evolution of their son as closely as Cerf or has concerned themselves about the thousand and one different aspects of the development of the Network of Networks.

Let us be clear now: we hear today about New Informations and Communications Technologies, Information Superhighways, the Information Society, New Economy, Cyberspace and other terms and euphemisms that are used to denote another revolutionary process that the Internet has originated. Without the Internet, none of these terms would make any sense. And Vinton Cerf has long been fully aware of the social, economic and cultural importance of the Net.

For this reason, he and a few other pioneers founded the Internet Society (ISOC) in 1992. This is an international association that is open to any-

body who is interested in the harmonious global development of the Internet. ISOC's motto is plain enough: «The Internet is for everyone». Long before the boom we have witnessed in the last few years (when ISOC was set up there were just over one million Internet users, mainly from the academic world: today there are 300 million), Cerf, Postel and others realised that the Internet was too important to limit itself to academia, to let it fall into the hands of private interests or to let it be conditioned by the bureaucracy of states and administrations. ISOC, of which Cerf was president until recently and which has over 10,000 members around the world, is the organisation that watches over this open Internet that is available to all, this fountain of opportunity and growth for individuals, organizations, companies and nations.

ISOC supports one of the least known yet most important organizations set up to ensure that the Internet continues to grow according to the same characteristics that made it possible in the first place: the IETF (Internet Engineering Task Force). Vinton Cerf has been a key figure and active participant in this open forum (any technician may participate) that is made up of thousands of engineers as well as representatives of companies, organizations and research centres who meet up periodically and continually on the Net during the year literally to agree on the technical standards of computers, networks and programmes of every company and organization to ensure that the Internet continues to function. Consensus is expressed with «white papers», named «Requests for Comments» (RFCs), that are accepted by all and freely available via the Net. These RFCs were the brainwave of the Crocker, Postel and Cerf team in 1969 and since then they have become the veritable technical library of the specifications that make operation of the Net possible. One of the groups within the IETF, led by Cerf, is currently working on version 6 of the IP which, as we explained earlier, allows interconnection literally of everything to everyone.

As a result of the consensus culture that made the very existence of the Net possible, last year Vinton Cerf helped to set up the ISTF (Internet Societal Task Force), another organization that will be run under the umbrella of ISOC. The idea is a simple but ambitious one. Could we not apply this consensus culture to make the Net work for other matters, for example social ones, on which the Net has an impact? This is an easy thing to say but a difficult one to put into practice. However, this does not appear to be a huge obstacle for a man like Vinton Cerf who has spent his whole life solving

complicated technological problems with simple but brilliant ideas. Two quotes from Cerf himself, expressed with his usual good humor adequately summarize the past, present and future of the Internet that he helped so decisively to create:

«I often envy the kids who are 8 years old and hacking the Net. They got to do it 20 years before I did. I had to go off and invent it.»

«I no longer simply believe in miracles; I rely on them!»

Dear Vinton, our University and our two Departments are most honored to have you with us here today to accept this honorary degree that you richly deserve. Those of us in the Internet Society are extremely proud to share with you the tremendous excitement of building this Internet that must be «for everyone». Let me borrow your own words to stress the importance of the Internet for the future of our children:

»Truth is a powerful solvent. Stone walls melt before its relentless might. The Internet is one of the most powerful agents of freedom. It exposes truth to those who wish to see it. It is no wonder that some governments and organizations fear the Internet and its ability to make the truth known.

»But the power of the Internet is a two-edged sword. It can deliver both misinformation and uncorroborated opinion with equal ease. The thoughtful and the thoughtless coexist side by side in the Internet's electronic universe. What is to be done?

»There are no electronic filters that separate truth from fiction. No cognitive "V-chip" to sort the gold from the lead. We have but one tool to apply: critical thinking. This truth applies as well to all other communication media, not only the Internet. Perhaps the World Wide Web merely forces us to see this more clearly than other media. The stark juxtaposition of valuable and valueless content sets one to thinking, Here is an opportunity to educate us all. We truly must think about what we see and hear. We must evaluate and select. We must choose our guides. What better lesson than this to teach our young children to prepare themselves for a new century of social, economic, and technological change?

»Let us make a new-century resolution to teach our children to think more deeply about what they see and hear. That, more than any electronic filter, will build a foundation upon which truth can stand.»

Today the Department of Computer Engineering and Mathematics and the Department of Pedagogy are honored to lead the whole University

community and the citizens of Tarragona in paying tribute to this great scientist, technologist and humanist.

Rector, I have described the life and work of Dr Vinton Gray Cerf to the best of my ability. I believe that I have said enough for you to award him the recognition he deserves. I therefore ask you to appoint Dr Vinton Gray Cerf as an honorary doctor and admit him into our University.

Discurs d'investidura pronunciat pel Dr. Vinton Gray Cerf

It is for me a great honor to participate in this ceremony. I cannot tell you how much it means to me to become a part of this academic community which has such a long history, especially in a city like Tarragona, which has roots going back to the Roman Empire and still has evidence of that period surrounding the city. I had an opportunity to walk through the city last night and see some of the remaining ruins and it brought to mind the juxtaposition of history, the present and the future. Today we are going to talk about the future, about the Internet and where it is going.

I try to find ways to describe the power of the Internet and the Information Revolution and perhaps the best analogy that I have found so far is to compare the Internet to the power generation system that distributes electricity to our homes and offices. At the end of that power system are electric motors that do work for us 24 hours a day. The Internet is a lot like the power generation and distribution system. But instead of sending electrons through wires it sends information. And instead of electrical motors it has computers that do work for us. So just like electrical motors multiply our muscle power, computers multiply our brain power. And as you will see from some of the examples later, computers are doing work for us 24 hours a day, just like motors do that keep our clocks running, that make the elevators go up and down, that start our cars and that keep the compressor going in the refrigerator to keep our ice cream from melting at 3 o'clock in the morning.

We talk about the Internet as if it was one Network, but it is not. There are hundreds of thousands of networks throughout the world that actually make up the Internet. The only reason that this all works is because all of the computers in the Network use the same language to communicate: it is called TCP/IP It is the language of packet switching; it runs on any underline communication system. So Internet works on the radio, it works on satellites, it works on the telephone system, it works on mobile phones, it works on optical fiber, it works on literally any system that can carry a collection of bits of information from one place to another. And it doesn't

require that any of these systems do it reliably; all that the Internet asks is that the underline system deliver information with some probability greater than zero; the rest of the Network takes the responsibility for assuring delivery. That's what the TCP/IP protocol is for. So the Internet Protocol, or IP, is the simplest and most critical central protocol in the Internet. For the last 25 years I have been working to put the Internet Protocol on top of everything and we have been able to make the Internet work on all the new communication systems that have been developed.

Today we are in the middle of a big Internet gold rush. What this means to most of us is that people are looking for gold in the stock market. But there is more to this gold rush than that; it also is a time for exploration. There are no definite business models that are guaranteeing success on the Internet and so there are many companies exploring different ways of making money on the Network. There are some lessons that we have learned from gold rushes in the past. One of the lessons is that the people that make money in the gold rush are not necessarily the people who are looking for gold. Sometimes the people that make money in the gold rush are selling picks and shovels to the other people who are looking for gold. That is what the telecommunications businesses of the world are doing: they are selling the electronic equivalent of picks and shovels to other people looking for gold on the Internet. That is what my company has been doing for the last ten years and we have made a very good business of it.

If this is a gold rush we must have some idea of its scale. Over the period of the last two and a half years the «dot.com» domains have grown from 1.3 million to 12 million; from 22.5 million computers on the Network to over 72 million in January and probably about a 100 million now. The number of countries that have access to the Internet has gone up from about 190 to 218. And the number of users has increased from 50 million to 275 million at the beginning of the year and probably close to 300 million today. But all of this should be put in perspective. The telephone system has 950 million terminations; about 700 million of these are telephone wire line terminations and about 250 million of them are cell phones or mobiles, most of which are in Tarragona as nearly as I can tell.

The 275 million users are spread around the world. Less than half of them are in the US and Canada; five years ago the statistics looked very different and most of the users were in North America, but now it is outside of North America that we have the maximum growth. Europe now has 72 mil-

lion users out of a population of about 350 million. In the Asia/Pacific rim we find 55 million users out of a population of about 2000 million. Latin America is starting to emerge in the Internet especially in Brazil, Argentina, Chile, Peru and Costa Rica. Africa has doubled in its user base from about 1.2 million to almost 2.5 million in the last 6 months. But Africa has almost 1000 million people living in it so we have a long way to go to bring Internet to the population of that continent. The Middle East had 0.1 million users 6 months ago and now has almost 1.3 million; most of them are in Israel but the surrounding Arab states are starting to pick up Internet as well.

Just to give you an idea of how much trouble people will go to get on the Internet I would like to tell you the story of two guys in a little village called Kihihi in Uganda. The village does not have any power nor any telecommunications, but these two students got a satellite antenna, a solar power converter and a personal computer and put themselves on the Internet that way. Then they took a digital picture and sent it to me in e-mail so I can see they were up on the Net. I am not going to tell you that because these two boys got on the Net that all of Africa is on the Internet but it shows you how much effort some people are willing to put into getting onto the Net because it is such a valuable resource. In fact my calculations say that by 2010 about one half of the world's population will have access to the Internet, about 3000 million people.

I used to estimate that the number of devices on the Net would be almost 900 million by the year 2006. But then I started talking to companies like Nokia and Ericsson and others who make mobile telephones. All of those telephones are becoming Internet enabled and now we anticipate not only 900 million computers and other appliances on the Net by 2006 but an additional 1500 mobile phones. So in 6 years' time the Internet will have about 2500 million devices on it; that is almost half of the world's population.

One of the more interesting challenges for those of us who bring Internet service to the world is to support older media through the Internet. And so today we have Internet video, telephony and radio. Radio is very popular· there are over 8000 radio stations that send their sound through the Internet and in fact some of them don't bother transmitting over the air and they just use the Internet to deliver their audio. Video is very similar· you can transmit television signals through the Internet. But unless you have enough capacity you can only put a very tiny image on the screen. For

those of you who have seen Internet television usually it is about a 2 inch screen. And whenever I see it I think my laptop should say at the bottom: «congratulations, you have turned your 5000 dollar laptop into a 1928 television set». If you can get a 400 kilobits per second connection to the Internet– that is 8 times the speed that you can get on the telephone line – then you could have full-quality-full screen television. So this means new access technologies are needed on the Network to deliver higher capacity. Those technologies are here today; they are not widespread but they are getting there. Digital Subscriber Loops and Cable modems and Radio transmissions alternatives to cable are all available. Digital broadcast satellites can deliver millions of bits per second to a receiver. So those technologies will allow us to deliver television as well as radio on the net. Telephony, interestingly enough, is hard to do compared to radio and television. The reason it is hard is not because of the capacity that is needed but because of the delay that the Internet introduces. In an ordinary telephone system there is only what is called the speed of light delay between the originating telephone and the terminating telephone. But the Internet is a store and forward system and so it introduces delay. In fact it introduces enough delay that it is like talking to someone through a satellite. A satellite link produces about one half second of roundtrip time delay. And if you have ever spoken to someone by way of the satellite you know how awkward the conversation feels. So those of us who are working on the Internet are redesigning the inside to reduce the delay so that it is comparable to what we get from today's telephone system. In fact we will see other media on the Network, other ways of interacting with it. Already people are carrying devices called Personal Digital Assistants that you can write on with a stylus; those devices understand handwriting and it is an alternative to keyboards. Perhaps even more important, some of these devices can understand spoken speech. Those devices eventually will accept instructions from us as we talk to the Network and it talks back.

You might wonder why I believe so many devices are going to be on the Network, more than the world's population: there will be more devices on the Net than there are people. The reason that this is going to happen is because it is becoming very inexpensive to connect things to the Network. One example is a little tiny device made of two computer chips; one of them does the Internet protocol and the other one has information in it that accesses a web server. And so this very small piece of electronics is doing

everything that a big computer does to present information on the Network, but it is done on a very tiny device that does not cost very much money and it is not much bigger than a coin. And so as time goes on I expect more and more devices will be put on the Internet taking advantage of this kind of hardware and software. In fact, Electrolux has already announced a prototype Internet-enabled refrigerator· it has a liquid crystal display on the front of the refrigerator. I don't know whether you have the same situation here in Spain that we have in the US, but our communications in our families are basically paper and magnets that we put on the refrigerator to communicate from one family member to another. This simply expands the communications medium to include e-mail and the web. Now it is possible for an intelligent Internet refrigerator to know what is inside of it and it can pull up recipes on the Net to say what you can still make with what you still have in your refrigerator. Another surprise to me was an Internet-enabled picture frame. My first reaction when I heard about this was it might be as useful as an electrical fork. But in fact this little device plugs into the Network and into the wall for power. It is preprogrammed to take images from the Internet and to cycle through them. So if you have grandparents who don't know how to use the Net, you could get them this little picture frame, they can plug it in; you could take electronic pictures of their grandchildren, put them on the web server and this picture frame will pick those pictures up, one at a time, and cycle through them at home. So now the grandparents can watch the grandchildren growing up and they don't have to learn how to program Mr Gates' Windows machines.

This brings us to the more general observation that there will be a lot of Internet-enabled devices on the system. You know what some of them are, and you have heard of them; things like Web-TV, a television set that is able to do e-mail and can also pull out contents from the World Wide Web. There are other devices like the Palm Pilot, a Personal Digital Assistant that has in it calendars and address books and e-mail and other kinds of applications and it can communicate to the Network by means of radio or by direct connections. There is a Nokia 9000 model that is a cell phone and a pager, and it is also a small electronic mail terminal. When you open it up you see a tiny little keyboard, that is suitable for people that are 3 inches tall, and a little liquid-crystal display. So you can use that system to communicate as well as a big laptop. I was in Japan not too long ago and I visited Sony and Nintendo and Sega. They make computer games; in fact I

was in Tokyo the day that Sony released its Sony Playstation II to the world, and as nearly as I can tell every executive at Sony was assembling these things to try to keep up with demand. They described for me an Internet-enabled video game. I got to thinking what that might mean, because children when they are playing these games love to play them together so they can hear each other and see each other while they are playing the video games. But now if they are at home separate from each other, but they are connected to the Internet, they can still play together as a group. But they can't see and hear each other. Well, it wouldn't be very hard to add a microphone to the video game; it already has speakers so you can make the sound effects. So with the microphone these kids could hear each other. Some of the games involve airplanes that chase each other and you try to shoot the other guy down; if you were playing that game you would want to see the other guy after you shoot him down and heading straight for the earth. So with a small 100 dollar camera you could get the images of the players to be distributed through the Net as well. Now you have a very interesting situation: you have a set of kids who are physically separated from each other, but they can hear each other and they can see each other and they can shoot at each other, which sounds like a really good video conference. So I think that the business world, which has been trying to find a way to get video conferencing to work, is probably going to end up with video games coming into the office and that is how we will introduce video conferencing into business. Of course there is a nice side effect because if the conference gets boring you can always go back to playing the video game.

Remembering the refrigerator that is Internet-enabled, somebody had a really interesting idea of putting a bar code scanner in the refrigerator so it could tell what food you put into it. So it might not know, for example, how much milk is left in the bottle, but it knows it went in there three weeks ago and you might get an e-mail from your refrigerator saying «if you don't do something the milk is going to crawl out of the refrigerator by itself». When I was in Japan they showed me an Internet-enabled bathroom scale that sends your weight to the doctor and that becomes part of your medical record; but then somebody asked what happens if the refrigerator gets the same information and it refuses to open anymore because it knows you are on a diet. I now have had a chance to drive an Internet-enabled car; Mercedes Benz has a model which has displays in the back seats for the kids to

play games and a display for the driver and also it has Global Positioning Satellite information. So the car knows where it is; that means the computer in the car knows where it is. And if the computer is attached to the Internet you can reach out into the Network and pull back information which has been indexed geographically. So now you can actually say where is the nearest restaurant, where is the nearest hospital, and that question makes sense. In fact it is going to increase the value of geographically indexed databases that are on the Internet and will become a source of business. Lots of household appliances will be on the net, in addition to the refrigerator; things like the videocassette recorder. If you are like me and you want to record a television program I have to go find the nearest 11 year old to help me do that; but I don't have any more 11 year olds at home. So my solution to this problem is to put the videocassette recorder onto the Internet and that way I can pull up a web page and just click on which programs I want to record; the instructions will be sent through the Net and program the videocassette recorder automatically. This has one other benefit, because once you put the videocassette on the Net it can find out what time it is and that gets rid of the flashing «12» that is on everybody's videocassette recorder because none of us know how to set the time.

There is only one other example I wanted to share with you. If you are like me you travel a lot and for many years I was very comfortable with my laptop doing my electronic mail while I was on the plane because even the people sitting next to me could not read my display very well because the display on the laptop was so bad. Now the displays are so good that somebody who is five seats behind you can read your e-mail just as well as you can. So I got to thinking how you could solve this problem of privacy and one answer is a special kind of glasses that will project an image onto your retina so no one else can see except you. But then I got to thinking what would it look like to sit next to someone on an airplane who is working with his e-mail wearing these glasses: he can see a virtual image about one arm's length away but you can see nothing. Now, how does he interact with this? Well, probably he will have to wear a little thimble on his finger that can be located in three dimensions. But imagine the person who is working with this private display and you are sitting next to him...your first reaction is to ask the attendant if you could please move to another part of the plane because you don't know what this person is doing. Lest you think this is science fiction, already people with the MIT Laboratory for Computer

Science and the Media Lab are experimenting with these kinds of projection units so that people can read private information.

I have to say one other important thing that is happening to the Network is that for many years you could only get to the Net by connecting to the telephone system or connecting to some other physical transmission system; but now the Internet is going wireless. In addition to mobile telephones, which are on their way to supplying very high capacity connections, up in the 2 million bit per second range, even devices like cameras are being radio linked to the Net. Last October in Geneva I attended the Telecomm99 exhibits and one of the examples was a radio-based camera that connects to the Internet; when you take a digital picture it transmits that picture to the Net and puts in on a web site. Of course that is the natural complement to the Internet-enabled picture frame which picks those images up and then displays them to grandmother and grandfather. There are many other radio-based transmission systems that can deliver Internet traffic. There is an alphabet soup that engineers use to compress their communication with their colleagues: DBS (Digital Broadcast Satellite), LMDS and MMDS (radio based Multipoint transmission systems), Ricochet (the name of the radio service in the US for mobile communication on the Net), Wireless LANs (Local Area Networks), Bluetooth (which is not a dental condition, but a technology of very low power radio transmitters to connect devices that are only a few feet apart and so on the desktop instead of lots of wires you can have just low power radio connections linking them all together). Bluetooth radio is small enough to fit in almost anything. Now, this leads to the idea of always being connected to the Net, instead of being connected only for a while and then disconnecting as you would do through the telephone system. When you use radio connectivity you are on all the time and this consumes more of the capacity of the address space of the Network than before.

This leads me to observe that we need more address space just like we need more telephone numbers in order to accommodate all of the devices that ultimately will be on the Net. If you do some arithmetic you discover that 128 bits of addressing will allow you to put 10 to the 38 computers on the Network: that is a 1 followed by 38 zeros and I don't know what to call that since I don't think there is any language for that number, but it is a big number. For a while I thought that that is a large enough number so that every electron in the Universe could have its own web page; but I found

out I was wrong. There are 10 to the 88 electrons in the Universe and so I am wrong by 50 orders of magnitude which is a pretty bad mistake. So we did a different calculation: you know that we live on planet Earth but only on about 30% of it because the rest of it is water and only 30% is land area. Our habitat is about 1 km high; so we said let's take the volume of our human habitat on Earth and divide that by 10 to the 38. If you do that arithmetic you end up with a volume that is about the size of 46000 molecules. If you have heard about nanotechnology (building tiny microscopic mechanical devices on the molecular scale) you can conclude that as long as the people making nanoengines don't make them smaller than 46000 molecules then we will have enough address space to make sure all of them can be on the Internet. Of course, the way I look at it is that by the time we run out this address space I will be dead and it will be someone else's problem and I don't have to worry about it.

Now I want to spend the remaining minutes of my lecture looking a little bit more into the future. We have done a pretty good job of starting to wire the planet: Internet is growing rapidly on planet Earth. You also know that for many years we have been exploring the Solar System sending people and robots to look at various planets and asteroids. By means of the Deep Space Network, operated by the Jet Propulsion Laboratory in California and made up by three antennas in Spain, California and Australia, we can talk to space vehicles that might be in orbit around the planets, or flying past an asteroid or may be landing on the planets. In fact we have a series of missions planned to go to Mars and a couple of years ago one of those missions put a small rover on the surface of the planet that sent back some spectacular images of Mars. To do that we had to send radio signals from the rover up to an orbiting satellite that transmitted the information back to Earth. The thing that you should know about all of these space exploration projects is that in the past each mission has had its own communication system and there has been no use of earlier mission assets in order to carry out the work to communicate. So, a couple of years ago I got together with some of the scientists at the Jet Propulsion Laboratory to work on an idea for standardizing communications in space extending the Internet into that part of the Universe and by that means allow each new mission to use the assets of earlier missions so that we could grow a communications infrastructure in space. By using the standards we certainly reduce costs because we

don't have to keep implementing things over again and we get to reuse assets from earlier missions. But I think this effort also prepares the way for commercial uses of space. We know eventually we will be able to put things in orbit around Earth for a smaller amount of money; today it costs well over 10,000 dollars per kilogram to put things into orbit. If we could get that cost down to 500 dollars per kilogram it starts to make an economic sense to put things in space and to actually begin to conduct commerce there.

I would like to have a communication system ready for that day and so we are starting at the Jet Propulsion Laboratory to build an Interplanetary Internet. We have the design now of the new protocols that are needed to make the system work. We are starting with a series of satellites around Mars; the first one will be launched in 2003 and by 2008 we expect to have about 6 of these satellites in orbit around Mars to build the first link of an Interplanetary Internet. By 2020 we hope to have a full Internet backbone working across the Solar System. You have to imagine the challenge that this poses. We are only going to do it one step at a time; each new mission that is launched to explore a part of the Solar System will carry a little bit of the Interplanetary Internet with it. In case you are wondering, the design of the Internet for Earth works perfectly well on the other planets; but there is a problem between the planets. And the problem is that the astronomical distances between the planets increases the delay for communication. So, for example, to transmit a signal from Earth to Mars it takes a minimum of five minutes from the time the signal leaves Earth to the time it gets to Mars and it could take as much as 20 minutes because Earth and Mars are in orbit around the Sun and they get farther away from each other and closer as those orbits proceed. So we have huge delays in the Interplanetary System compared to communications on Earth. So we have designed a new Interplanetary gateway system and we will take the standard Internet protocols and use them for the planets and for the space vehicles but between the planets we have a new set of protocols that can work over such long delays.

Let me close by reminding you of the motto of the Internet Society. The Internet Society believes that Internet is for everyone, should be for everyone and that should be our goal. But now that we know that the Internet is going off the planet we think we have to augment the motto just a little bit and observe that the Internet is for everyone, even Martians!

Let me thank you again for this great honor. I am so grateful to be here with you sharing my enthusiasm for the Internet and what I think is a growing enthusiasm among the rest of the world's population. If anyone is interested in using the slides I just showed you, you are welcome to take them from this Internet website (http://www.worldcom.com/about_the_company/cerfs_up) where I hope I will see you again as well. Thank you again.

Traducció del discurs d'investidura pronunciat pel Dr. Vinton Gray Cerf

És un gran honor per a mi participar en aquesta cerimònia. No puc explicar el que significa entrar a formar part d'aquesta comunitat acadèmica que té una història tan llarga. Aquesta història encara es fa més palesa en una ciutat com ara Tarragona, arrelada en l'Imperi Romà i que encara té senyals d'aquella època en tots els racons. Ahir a la nit vaig tenir l'oportunitat de fer un tomb per la ciutat i vaig veure algunes de les ruïnes. Em van fer pensar en la juxtaposició de la història, el present i el futur. Avui parlarem del futur, d'Internet i cap on va.

Moltes vegades he intentat trobar maneres de descriure el poder d'Internet i la revolució informàtica, i potser la millor analogia que he trobat fins ara és la de comparar-les amb el sistema que genera i distribueix electricitat a les nostres llars i als nostres despatxos. Al començament d'aquest sistema hi ha motors elèctrics que treballen per a nosaltres vint-i-quatre hores al dia. Internet s'assembla molt a aquest sistema de generació i distribució d'energia, però en lloc d'enviar electrons a través dels cables hi envia informació, i en lloc de motors elèctrics hi ha computadores que treballen per a nosaltres. Així, de la mateixa manera que els motors elèctrics incrementen la nostra força muscular, les computadores augmenten la nostra força cerebral. I us en posaré uns exemples més endavant que demostraran que les computadores treballen vint-i-quatre hores al dia, igual que els motors que fan que els nostres rellotges no s'aturin, que els ascensors no parin d'anar amunt i avall, que s'engeguin els nostres cotxes i que funcioni el compressor de la nevera perquè no es fongui el nostre gelat a les tres de la matinada.

Parlem d'Internet com si fos només una xarxa, però no és tant sols això. Hi ha centenars de milers de xarxes arreu del món i totes en formen part. La raó per la qual tot això funciona és que totes les computadores de la xarxa

fan servir el mateix llenguatge per poder-se comunicar· aquest llenguatge es diu TCP/IP. És el llenguatge de la commutació de paquets; funciona amb qualsevol sistema de comunicació subjacent. Per tant, Internet pot funcionar en la ràdio, en satèl·lits, en el sistema telefònic, en telèfons mòbils, en fibra òptica i en qualsevol sistema que porti una col·lecció d'unitats d'informació d'un lloc a un altre. No cal que aquests sistemes portin la informació de forma fiable. Internet només demana que el sistema subjacent entregui la informació amb una probabilitat més gran que zero; la resta de la xarxa assumeix la responsabilitat de fer-ne l'entrega. El protocol TCP/IP serveix per a això. El protocol d'Internet –o IP– és, doncs, el protocol central més senzill i més important d'Internet. Durant aquests últims 25 anys he treballat perquè el protocol d'Internet estigui al capdavant de tot, i Internet ha pogut funcionar en tots els nous sistemes de comunicació que s'han desenvolupat.

Avui estem immersos en una gran febre d'Internet. Per a la majoria de nosaltres, això vol dir que la gent busca or en la borsa. Però aquesta febre de l'or no es limita a això; també és un període d'exploració. No hi ha cap model empresarial definit que garanteixi l'èxit a Internet i, per tant, moltes empreses exploren diferents maneres de fer diners mitjançant aquest canal. Hem après algunes lliçons de les febres de l'or del passat. Una d'aquestes lliçons és que la gent que fa diners en la febre d'or no és necessàriament la gent que el busca. A vegades la gent que fa diners és la que ven els pics i les pales als qui busquen l'or. Les empreses de telecomunicacions fan precisament això: venen l'equivalent electrònic a pics i pales a la gent que busquen l'or a Internet. Fa deu anys que la meva empresa fa això i és un bon negoci.

Si es tracta d'una febre de l'or, cal tenir alguna idea de l'escala. Durant els últims dos anys i mig, els dominis «punt.com» han passat d'1,3 a 12 milions; de 22,5 milions d'ordinadors connectats a la xarxa hem passat a 72 milions al gener passat i, a hores d'ara, potser n'hi ha uns 100 milions. El nombre de països que tenen accés a Internet ha passat de 190 a 218, i el nombre d'usuaris ha augmentat de 50 milions a 275 milions al començament d'aquest; avui aquesta xifra es deu acostar als 300 milions. Però aquestes xifres s'han de situar en un context. El sistema telefònic té 950 milions de terminals; d'aquests, uns 700 milions corresponen a telèfons de línia fixa i 250 milions corresponen a telèfons cel·lulars o mòbils, la majoria dels quals són aquí a Tarragona, o almenys m'ho sembla.

Els 275 milions d'usuaris estan escampats arreu del món. Menys de la meitat són als Estats Units i Canadà. Fa cinc anys les estadístiques eren molt diferents i la majoria dels usuaris eren a l'Amèrica del Nord, però ara el creixement és arreu. A Europa hi ha 72 milions d'usuaris entre una població de 350 milions. A l'àrea de l'Àsia que toca l'oceà Pacífic hi trobem 55 milions d'usuaris entre una població d'uns 2.000 milions. Amèrica Llatina està començant a utilitzar Internet, sobretot el Brasil, Argentina, Xile, Perú i Costa Rica. A l'Àfrica el nombre d'usuaris s'ha doblat: fa sis mesos n'hi havia 1,2 milions i ara n'hi ha gairebé 2,5 milions. No obstant això, Àfrica té una població de gairebé 1.000 milions i encara tenim molta feina a fer perquè Internet arribi a la població del continent. L'Orient Mitjà tenia 0,1 milions d'usuaris fa sis mesos i ara ja en té 1,3 milions; la majoria són a Israel, però els estats àrabs del voltant estan començant a connectar-s'hi.

Perquè us imagineu l'esforç que la gent està disposada a fer per connectar-se a Internet, voldria explicar el que van fer dos nois d'un poble petit que es diu Kihihi, a Uganda. El poble no disposa d'electricitat ni de telecomunicacions, però aquests dos estudiants van adquirir una antena de satèl·lit, un convertidor de potència solar i un PC, i d'aquesta manera es van connectar a Internet. Després van fer una foto digital i me la van enviar per correu electrònic perquè veiés que estaven connectats a la xarxa. Amb això no vull dir que tota Àfrica està connectada a la xarxa gràcies a l'esforç d'aquests dos nois, però demostra la feina que algunes persones estan disposades a fer per accedir-hi. És un recurs molt valuós. De fet, calculo que per a l'any 2010 la meitat de la població del món, uns 3.000 milions de persones, tindrà accés a Internet.

Fa un temps calculava que gairebé 900 milions de dispositius estarien connectats a la xarxa abans de l'any 2006. Però llavors vaig començar a parlar amb empreses com ara Nokia i Ericsson, que fabriquen telèfons mòbils. Tots aquests telèfons s'estan habilitant per a Internet i ara preveiem que no només hi haurà 900 milions d'ordinadors i d'altres aplicatius connectats a la Xarxa abans del 2006 sinó que també hi haurà 1.500 milions de telèfons mòbils. Per tant, d'aquí a sis anys Internet hi tindrà uns 2.500 milions de dispositius connectats, gairebé la meitat de la població de tot el món.

Un dels reptes més interessants que tenim és donar suport als mitjans de comunicació més antics a través d'Internet. Per tant, avui tenim vídeo, telefonia i ràdio per Internet. La ràdio és molt popular· més de 8.000 emis-

sores de ràdio envien el seu so a través d'Internet, algunes de les quals ni tan sols es prenen la molèstia d'emetre de la forma tradicional. El vídeo és un cas molt semblant: els senyals de televisió es poden transmetre a través d'Internet. No obstant això, si no teniu prou capacitat, la imatge a la pantalla serà molt petita. La televisió per Internet normalment fa servir una pantalla d'uns 5 centímetres i cada vegada que en veig una penso que el meu ordinador portàtil hauria de dur el missatge següent a la part de baix: «Felicitats, has convertit el teu ordinador de 5.000 dòlars en un televisor de 1928.» Si es pot aconseguir una connexió a Internet de 400 quilobits per segon –és a dir, vuit vegades la velocitat que pot donar una línia telefònica– es pot tenir un servei de televisió d'alta qualitat i de pantalla completa. Això vol dir, per tant, que la xarxa necessita noves tecnologies d'accés per poder proporcionar més capacitat. Aquestes tecnologies ja existeixen, no estan gaire esteses però es van desenvolupant a poc a poc. Estan disponibles tant en circuits de subscripció digitals com en mòdems per cable. Els satèl·lits d'emissió digital poden subministrar milions de bits per segon a un receptor. Així doncs, aquestes tecnologies ens permetran emetre tant televisió com ràdio per la xarxa. Curiosament, la telefonia és més complicada, no per la capacitat que requereix sinó pel retard que introdueix Internet. Un sistema telefònic normal té el que s'anomena el retard de la velocitat de la llum entre el telèfon d'origen i el telèfon receptor. En canvi, Internet és un sistema d'emmagatzemar i enviar dades i, per tant, introdueix un retard. De fet, té tant de retard que sembla que estigueu parlant a través d'un satèl·lit. Un enllaç per satèl·lit produeix un retard en el circuit de mig segon i, si alguna vegada heu parlat amb algú a través d'un satèl·lit, sabreu que això realment dificulta la conversa. Els dissenyadors d'Internet n'estem redissenyant l'interior per reduir aquest retard i perquè sigui comparable al sistema telefònic actual. També es veuran altres mitjans en la xarxa, altres maneres d'interaccionar-hi. Algunes persones ja porten aparells anomenats *Personal Digital Assistants* i hi escriuen amb un estil determinat: entenen l'escriptura i són una alternativa als teclats. I el que és més important: alguns d'aquests aparells entenen el llenguatge parlat. En el futur acceptaran instruccions parlades i ens contestaran.

Potser voldreu saber per què crec que hi haurà tants dispositius connectats a la Xarxa: n'hi haurà més que no pas persones. Crec que això passarà perquè cada vegada costa menys de fer una connexió a la Xarxa. Un exemple del que dic és un petit dispositiu compost de dos xips: un fa el

protocol d'Internet mentre que l'altre conté la informació per poder accedir al servidor. Aquesta peça electrònica fa el mateix que una computadora gran a l'hora de presentar informació en la xarxa, però és una peça molt petita, no gaire més gran que una moneda, i no gaire cara. A mesura que passa el temps cal esperar que cada vegada més dispositius faran servir aquests maquinaris i programaris per connectar-se a Internet. De fet, Electrolux ja ha anunciat una nevera habilitada per a Internet que té una pantalla de cristall líquid a la part del davant. No sé si feu el mateix aquí a Espanya, però als Estats Units la comunicació entre els membres d'una família és a base de paper i imants enganxats a la porta de la nevera. Aquest invent es limita a ampliar aquest mitjà comunicatiu incorporant-hi el correu electrònic i la xarxa. Ara una nevera d'Internet «intel·ligent» pot saber que té dintre seu i pot visualitzar receptes dels plats que podeu elaborar amb el seu contingut. Una altra cosa que em va sorprendre era el marc per a quadres habilitat per a Internet. La meva primera reacció en sentir això era que es podria utilitzar com una forquilla elèctrica. Però no. En realitat aquest dispositiu petit es connecta a la xarxa i s'endolla com un altre aparell qualsevol. Està preprogramat per agafar imatges de la xarxa i fer-ne permutacions. Si teniu avis que no saben com utilitzar la xarxa, els regaleu aquest marc i els expliqueu que l'han d'endollar. Trieu unes imatges electròniques dels seus néts, les pengeu al servidor i aquest marc les ensenyarà, una per una, a casa dels avis. Ara, doncs, poden veure com creixen els seus néts sense haver de saber programar una de les màquines de Windows del senyor Gates.

També he de comentar, de forma més general, que hi haurà molts dispositius habilitats per a Internet connectats al sistema. Ja sabeu el que vull dir· aparells com una televisió-web, un televisor que pot enviar correus electrònics i que us permet navegar per Internet. També hi ha altres dispositius com ara el Palm Pilot, una agenda personal digital que conté calendaris, adreces, correu electrònic i d'altres aplicatius. Es comunica amb la xarxa mitjançant la ràdio o connexions directes. El model Nokia 9000 és un telèfon mòbil i un cercapersones, a més a més d'un petit terminal de correu electrònic. Quan l'obriu, veieu un teclat molt petit, ideal per a les persones d'una alçada de set centímetres, i una pantalla de cristall líquid. Podeu utilitzar aquest sistema per comunicar-vos en lloc d'un ordinador portàtil. No fa gaire vaig ser al Japó i vaig visitar Sony, Nintendo i Sega, que fan jocs informàtics. De fet, era a Tòquio el dia que Sony va treure al mer-

cat la Sony Playstation II i, pel que veia, jo diria que tots els executius de la companyia estan ajudant a muntar aquests trastos en un intent de respondre a la demanda. Em van explicar un videojoc habilitat per a Internet i vaig començar a pensar en tot el que això podria significar. Als nens, els encanta jugar junts a aquests jocs perquè poden sentir i veure els seus amics. Ara, si són a casa separats els uns dels altres poden utilitzar Internet per jugar en grup, però no se senten ni es veuen els uns als altres. Doncs bé, no seria gaire difícil afegir un micròfon al videojoc; ja porta altaveus per als efectes sonors. Mitjançant aquest micròfon un dels nens podria sentir els altres. En alguns jocs, els nens s'empaiten amb avions i intenten abatre els altres. Si vosaltres hi juguéssiu, oi que voldríeu veure l'altre quan l'abatíeu i queia en picat cap a terra? Amb una càmera petita que no val més de 100 dòlars les imatges dels jugadors també es podrien distribuir per la xarxa. Ara la situació és molt interessant: hi ha un grup de nens físicament separats els uns dels altres, però se senten, es veuen i es disparen. Tot això contribueix a una videoconferència realment bona. Fa un cert temps que el món empresarial està intentant buscar fórmules perquè funcionin els sistemes de videoconferència i crec que acabarà introduint els videojocs als despatxos i, d'aquesta manera, s'utilitzarà la videoconferència en el món empresarial. És clar, també hi ha un efecte secundari interessant: si la conferència és avorrida sempre tens el recurs de jugar.

Us recordeu de la nevera habilitada per a Internet? Doncs algú va tenir la idea interessant d'instal·lar-hi un escàner de codis de barres perquè la nevera sàpiga quins aliments hi poseu. Això vol dir, per exemple, que no sabrà quanta llet queda a l'ampolla però sap que la hi vau posar fa tres setmanes. Per tant, és possible que la nevera us enviï el missatge electrònic següent: «Si no feu res, la llet sortirà a fer un tomb sola.»

Quan vaig ser al Japó, em van ensenyar una balança habilitada per a Internet que envia el vostre pes al metge perquè formi part de la vostra història mèdica. Això planteja un problema, però. Què passa si la nevera rep la mateixa informació i es nega a obrir-se perquè sap que feu règim? També he tingut ocasió de conduir un cotxe habilitat per a Internet. Mercedes Benz té un model amb pantalles als seients del darrere perquè els nens puguin jugar, una pantalla per al conductor i informació del satèl·lit de posicionament global. Per tant, el cotxe sap on és o, més ben dit, l'ordinador del cotxe sap on és. I si l'ordinador està connectat a Internet, podeu entrar en la xarxa i buscar-hi informació classificada de forma geogràfica.

Això vol dir que podeu saber on és el restaurant, o l'hospital, més proper. Això ja comença a tenir sentit. De fet incrementarà el valor de les bases de dades a Internet que classifiquen la informació geogràficament i serà una altra font de negoci. A més a més de la nevera, molts electrodomèstics estaran connectats a Internet. Per exemple, el vídeo. Si sou com jo i voleu gravar un programa de televisió, heu de localitzar un nen d'onze anys perquè us doni un cop de mà. Però a mi se m'han acabat els nens d'onze anys a casa meva. La meva solució al problema, doncs, és posar el vídeo a Internet, treure una pàgina web i fer clic sobre els programes que vull gravar; les instruccions s'enviaran a través de la Xarxa i el vídeo es programarà automàticament. Hi ha un altre avantatge d'aquest sistema: quan poseu el vídeo a la xarxa, l'aparell sabrà quina hora és i això vol dir que desapareixerà el «12» que fa pampallugues al vídeo de tothom perquè ningú no sap programar l'hora.

Voldria explicar-vos només un exemple més. Viatjo molt i durant molts anys vaig sentir-me molt còmode fent servir el meu ordinador portàtil per enviar els missatges electrònics a l'avió ja que ni tan sols les persones del meu costat eren capaces de llegir-los, perquè la qualitat de la pantalla era dolentíssima. Ara les pantalles són tan bones que la gent de cinc files més enrere els poden llegir tan bé com tu mateix. I això em va fer pensar com solucionar el problema de la intimitat. Una solució són unes ulleres especials que projecten una imatge a la retina que no pot veure ningú més. Però després vaig començar a pensar en l'efecte que fa seure al costat d'una persona que treballa amb el seu correu electrònic amb aquestes ulleres posades; aquesta persona veu una imatge virtual mig metre davant seu però tu no veus res. Com reaccionar en una situació així? Doncs, probablement, haurà de portar un didal que es pugui localitzar en tres dimensions. Però imagineu que hi ha una persona treballant amb la seva pantalla privada i que vosaltres sou al seu costat. La vostra primera reacció és preguntar a un dels auxiliars de vol si us en podeu anar a un altre lloc de l'avió perquè no sabeu què està fent aquesta persona. I no penseu que això és ciència-ficció: alguns experiments amb aquestes unitats de projecció ja es porten a terme perquè la gent pugui llegir informació privada.

He de comentar un altre tema important en relació amb la xarxa. Durant molts anys només ens podíem connectar a la xarxa mitjançant el sistema telefònic o algun altre sistema físic de transmissió. Però d'aquí a no gaire Internet no tindrà fils. A més a més de telèfons mòbils que aviat seran

capaços de subministrar connexions d'una gran capacitat –al voltant de 2 milions de bits per segon–, fins i tot algunes càmeres es podran connectar a la xarxa mitjançant un enllaç de ràdio. L'octubre passat, vaig assistir a l'exposició Telecomm99 a Ginebra i un dels objectes exposats era una radiocàmera que connecta a Internet. Quan fas una foto digital, la transmet a la xarxa i la penja en una pàgina web. Evidentment, és un complement natural al marc de quadres habilitat per a Internet que recull aquestes imatges i les passa a l'avi i a l'àvia. Hi ha molts altres sistemes de radiotransmissió que poden repartir el tràfic d'Internet. Els enginyers utilitzen una sopa de lletres per comprimir les comunicacions amb els seus companys: DBS (un satèl·lit d'emissió digital), LMDS i MMDS (sistemes de radiotransmissió multipunt), Ricochet (el nom d'un servei de ràdio als Estats Units per a la communicació mòbil a la xarxa) i Bluetooth (que no és el nom d'una condició dental sinó una tecnologia de transmissors de baixa potència que connecten dispositius situats només a uns quants metres l'un de l'altre. D'aquesta manera, no cal tenir un munt de cables sobre la taula, només unes quantes radioconnexions de baixa potència). Una ràdio Bluetooth és prou petita per cabre en gairebé qualsevol cosa. Això ens porta a la idea d'estar sempre connectat a la xarxa, i no connectar-s'hi i desconnectar-se'n com si fos el sistema telefònic. Quan feu servir la radioconnexió, hi esteu connectats sempre i això consumeix més de la capacitat destinada a l'espai d'adreces.

I parlant de l'espai per a adreces: en necessitem més, de la mateixa manera que necessitem més números de telèfon, per encabir-hi tots els dispositius que al capdavall estaran connectats a la xarxa. Si feu alguns càlculs, trobareu que 128 bits d'adreces us permeten connectar 10^{38} ordinadors a la xarxa: és a dir, un 1 seguit de 38 zeros. No sé com es diu aquest número –em sembla que no té nom– però és un número molt alt. Durant un temps, em pensava que era prou alt perquè cada un dels electrons de l'univers tinguessin la pròpia pàgina web; però després em vaig assabentar que m'havia equivocat. D'electrons a l'univers, n'hi ha 10^{88} i m'havia equivocat per 50 ordres de magnitud, la qual cosa realment és un error gros. Així vam fer un altre càlcul. Ja sabeu que vivim al planeta Terra, però només sobre el 30% de la superfície perquè la resta és aigua. El nostre hàbitat té una alçada mitjana d'un quilòmetre. Per tant, vam calcular el volum de l'hàbitat humà de la Terra i el vam dividir per 10^{88}. Si feu els càlculs, acabareu amb un volum de 46.000 molècules. Si sabeu el

que és la nanotecnologia –la construcció de dispositius mecànics microscòpics–, traureu la conclusió que, mentre la gent que fabrica nanomotors no els faci més petits que 46.000 molècules, tindrem prou espai perquè tots tinguin la seva adreça a Internet. És clar, la meva opinió és que quan per fi se'ns acabi l'espai per a adreces, seré mort, no serà problema meu i no hauré de patir.

Ara voldria dedicar els minuts restants d'aquesta conferència a mirar una mica més al futur. Hem començat a cablejar el planeta i estem fent una bona feina: Internet creix ràpidament aquí al planeta Terra. També sabeu que fa anys que estem explorant el sistema solar, enviant persones i robots a diversos planetes i asteroides. Mitjançant la Deep Space Network (la Xarxa de l'Espai Profund) –que depèn del Jet Propulsion Laboratory (el Laboratori de Propulsió a Reacció), a Califòrnia, i que té tres antenes a Espanya, Califòrnia i Austràlia– podem parlar amb els vehicles espacials que estan en òrbita al voltant dels planetes, sobrevolant un asteroide o aterrant en un planeta. De fet, tenim programades una sèrie de missions a Mart i fa un parell d'anys una d'aquestes missions va deixar un petit vehicle sobre la superfície del planeta que ens va enviar unes imatges espectaculars. Per veure-les, vam haver d'enviar senyals de ràdio del vehicle a un satèl·lit que estava en òrbita i aquest va enviar la informació a la Terra. El que heu de saber sobre tots aquests projectes d'exploració de l'espai és que en el passat cada missió ha tingut el seu sistema de comunicacions i que no s'ha utilitzat res de missions anteriors. Per això, fa un parell d'anys em vaig reunir amb alguns dels científics del Laboratori de Propulsió a Reacció per treballar sobre l'estandardització de les comunicacions espacials. La idea era fer arribar Internet a aquestes regions de l'univers i així permetre que cada nova missió utilitzés l'equipament de missions anteriors. Un equipament estàndard redueix costos perquè no l'hem d'implementar cada vegada i podem fer servir les mateixes eines que en missions anteriors. Però crec que aquest esforç també prepara el camí per a usos comercials de l'espai. Sabem que a la llarga no serà tan car posar vehicles en òrbita al voltant de la Terra. Avui en dia, posar un vehicle en òrbita costa molt més de 10.000 dòlars per quilo. Si podem rebaixar aquest cost a 500 dòlars per quilo, comença a ser viable econòmicament intentar realitzar operacions comercials a l'espai.

Quan això sigui possible voldria tenir un sistema de comunicacions preparat i, per tant, al Laboratori de Propulsió a Reacció estem començant

a construir una Internet interplanetària. Ja hem dissenyat els nous protocols sobre els quals funcionarà el sistema. Començarem amb una sèrie de satèl·lits al voltant de Mart, el primer dels quals serà llançat el 2003. Abans del 2008 esperem tenir sis d'aquests satèl·lits en òrbita al voltant de Mart per poder construir el primer enllaç de la Internet interplanetària. I cap a l'any 2020 confiem tenir tota l'espina dorsal d'Internet en operació al llarg del sistema solar. Heu de ser conscients del repte que això representa. Ho farem pas a pas i cada missió nova que es llança per explorar una part del sistema solar hi portarà un altre tros de la Internet Interplanetària. Si ho voleu saber, el disseny d'Internet per a la Terra funciona perfectament als altres planetes. Però hi ha un problema: les distàncies astronòmiques entre els planetes incrementen el retard en la comunicació. Per exemple, un senyal triga un mínim de cinc minuts per anar de la Terra a Mart i pot trigar fins a vint minuts perquè la Terra i Mart estan en òrbita al voltant del sol i s'allunyen o s'apropen l'un a l'altre durant aquestes òrbites. Això vol dir que, en comparació amb les comunicacions a la Terra, els retards en el sistema interplanetari són immensos. Així doncs, prendrem els protocols estàndards d'Internet i els utilitzarem als planetes i als vehicles espacials, però entre els planetes farem servir un nou conjunt de protocols que funcionin amb retards tan llargs.

Permeteu-me acabar recordant-vos el lema de la Societat d'Internet. La Societat creu que Internet és per a tothom, hauria de ser per a tothom. Aquest és el nostre objectiu. Ara que ens n'anem del planeta creiem que hem d'ampliar el lema una mica per incloure-hi els marcians!

Us agraexo una vegada més aquest gran honor. Estic molt content de ser aquí i de poder compartir amb vosaltres el meu entusiasme per Internet, entusiasme que està creixent entre tota la població del món. Si a algú li interessa utilitzar les diapositives que us he ensenyat, hi podeu accedir a la pàgina web següent:(http://www.worldcom.com/about_the_company/cerfs_up). Espero tornar-vos a veure. Gràcies una altra vegada.

Paraules de benvinguda pronunciades pel Dr. Lluís Arola Ferrer Rector de la Universitat

Acabem de celebrar un acte solemne convocat per investir el Dr. Vinton Cerf com a doctor honoris causa per la Universitat Rovira i Virgili, acte que ha consistit en una reunió extraordinària del Claustre Universitari, oberta a tota la comunitat i a tots els ciutadans i ciutadanes que hi han volgut assistir. És una vella tradició universitària que, ultra servir per reconèixer els mèrits d'un personatge rellevant amb la concessió de la màxima distinció que atorga la Universitat, ens permet incorporar el Dr. Cerf a la nostra comunitat universitària i comptar a partir d'ara amb ell com un membre més de la Universitat Rovira i Virgili.

A mi em correspon l'honor i el privilegi de donar la benvinguda al nostre Claustre al Dr. Vinton Cerf i ho faig de molt bon grat, tant a títol personal com en nom de tots els membres de la universitat, especialment del Departament de Pedagogia, de la Facultat de Ciències de l'Educació i Psicologia, de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria i del Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques, que van ser els qui van tenir la iniciativa de conferir-li la màxima distinció acadèmica.

No em pertoca reproduir la *laudatio* pronunciada pel padrí, el Dr. Manel Sanromà, ni comentar la *magistralis lectio* que el nou membre de la Universitat ha pronunciat, sinó que em correspon assenyalar el sentit que aquest doctorat honoris causa té per a la nostra institució.

La Universitat Rovira i Virgili és una universitat jove i dinàmica que des que es va crear ha apostat decididament per estar al dia i per utilitzar tots els mitjans al seu abast per excel·lir en docència i en recerca. En el moment actual, plenament immersos en la societat de la informació, en la qual les noves tecnologies de la comunicació són una eina clau, la Universitat Rovira i Virgili havia d'apostar decididament per utilitzar tot el potencial de les comunicacions informàtiques. Ho vam fer fa uns anys i ho estem tornant a fer ara, posant a l'abast de tots els universitaris les millors eines possibles per ser capdavanters en la utilització de les tecnologies de la comunicació disponibles, en tots els àmbits de l'activitat universitària: en la docència, en la recerca, en la gestió, en la comunicació i en la informació. Només així

podrem ser una universitat realment competitiva en un món cada cop més obert i més globalitzat. I ho hem de saber fer garantint l'eficàcia de la nostra opció i, especialment, garantint que sigui un instrument a l'abast de tothom.

Alhora hem d'estar amatents perquè la nostra intranet no ens tanqui, sinó al contrari: ens obri encara més i ens mantingui ben lligats a la nostra societat. Per això hem mantingut des de l'inici una opció de suport permanent a Tinet i a tot el que va representar com a iniciativa pionera per fer arribar la utilització de les noves tecnologies a tota la societat. Ara, amb la transformació de Tinet en Oasi, seguirem apostant clarament en la mateixa direcció.

L'avenç metodològic i conceptual que significa disposar d'una forma generalitzada d'una tecnologia que facilita tan extraordinàriament la comunicació, com és Internet i tot el que en deriva, representa un salt extraordinari per a la universitat i per a la societat, que no hauria estat possible sense persones com el Dr. Cerf, que han exercit i exerceixen un paper decisiu en el que avui és internet i en els canvis que ha suposat a la nostra societat.

Per tant, honorar-lo amb la nostra màxima distinció significa un reconeixement a la seva tasca, però també, simbòlicament, la nostra aposta decidida per ser competitius i capdavanters en la utilització generalitzada de les noves tecnologies a la Universitat.

Dr. Vinton Cerf, gràcies per haver acceptat la nostra distinció, que més que honorar la seva persona ens honora a nosaltres mateixos; la seva incorporació al nostre Claustre prestigia la Universitat Rovira i Virgili i ens obliga a treballar per ser dignes d'aquest prestigi.

Avui, amb el màxim reconeixement dels seus mèrits, vostè adquireix el compromís de representació de la Universitat Rovira i Virgili, que de ben segur rebrà amb afecte. Rebi l'enhorabona més cordial, en nom propi i en nom de tota la nostra comunitat universitària, que des d'avui és també la seva.

Moltes gràcies.





UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI